

**Gutachten
über die zu erwartende Blendung
durch Sonnenreflexionen
der geplanten
Photovoltaikanlage Wiegand
Berglern Heinrichsruh
an der Autobahn A92**



Im Auftrag von

Sun Garant MUC GmbH
Ismaning

Verfasser

Jens Teichelmann, Dipl.-Ing. Lichttechnik
IBT Ingenieurbüro Teichelmann
Fürth

Fürth, 09.02.2012

Auftraggeber:

Sun Garant MUC GmbH

Gutenbergstraße 10
85737 Ismaning

Auftragnehmer:

Dipl.-Ing. Jens Teichelmann

IBT Ingenieurbüro Teichelmann

Ingenieur- und Sachverständigenbüro
für Licht- und Beleuchtungstechnik

Kronacher Str.19
90765 Fürth

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Extrakt | 4 |
| 2 Allgemeines | 5 |
| 2.1 Aufgabenstellung, Zweck des Gutachtens | 5 |
| 2.2 Tatsachenfeststellung, Beschreibung der Situation | 6 |
| 2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen | 8 |
| 2.4 Verwendete Hilfsmittel | 9 |
| 2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen | 10 |
| 3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen | 11 |
| 3.1 Grundlegende Methodik | 11 |
| 3.2 Ortstermin, beteiligte Personen | 12 |
| 4 Schutzgut Mensch: Ergebnisse und Auswertung der an den Immissionsorten erreichten Reflexionswerte | 13 |
| 4.1 Ermittlung der Eckpunkte des Reflexionsverhaltens der Photovoltaikmodule | 13 |
| 4.2 Ermittlung der möglicherweise relevanten Immissionsorte | 15 |
| 4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung | 17 |
| 5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere | 23 |
| 6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse | 24 |

1 Extrakt

Im Auftrag der Sun Garant MUC GmbH in Ismaning wurde die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Wiegand bei Berglern Heinrichsruh hinsichtlich der auf der Autobahn A92 und der südwestlich liegenden Gebäude zu erwartenden Blendung durch Sonnenreflexion untersucht.

Da es sich um eine noch nicht realisierte Anlage handelt wurde über eine Worst-Case-Betrachtung anhand der vorliegenden Angaben eine rechnerische Bewertung der geplanten Anlage durchgeführt.

Hierzu wurden in Ermangelung produktspezifischer Reflexionsdaten der vorgesehenen Photovoltaikmodule vom Hersteller Eckdaten für das Reflexionsverhalten der Moduloberflächen aus anderen, vergleichbaren Situationen herangezogen.

Die Betrachtung der zu erwartenden Blendung erfolgte durch eine Bewertung der bei dieser Anlagengeometrie möglichen Effekte durch Direktreflexion des Sonnenlichtes sowie durch eine Bewertung des bei der Reflexion auf der Oberfläche des Photovoltaikmoduls gestreuten Sonnenlichtanteils mittels einer Reflexionsberechnung im dreidimensionalen Raum und unter Berücksichtigung des Reflexionsverhaltens der Oberfläche.

Es wurde jeweils untersucht, inwieweit Beeinträchtigungen der KFZ-Fahrer auf der Autobahn A92 durch direkte Blendwirkung oder durch Flimmerblendung auftreten können.

Weiterhin wurde die mögliche Blendwirkung in Richtung der südöstlich liegenden Gebäude berechnet.

Durch die Realisierung der untersuchten Photovoltaik-Freiflächenanlage sind bei Ausführung der Anlage gemäß des uns vorliegenden Konzeptes keine störenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen auf der Autobahn A92 zu erwarten. Möglicherweise auftretende Reflexionen werden durch die unter kleinen Blickwinkeldifferenzen direkt im Blickfeld stehende Sonne überlagert und stellen neben der unvermeidbaren Blendung durch die Sonne keine zusätzliche Blendwirkung dar.

Die in Richtung der südöstlich liegenden Gebäude auftretenden Blendreflexionen liegen durch diverse mindernde Effekte im nachweisbaren Rahmen der für Wohnbebauung anzusetzenden Richtwerte.

Es sind daher keine von der geplanten Anlage ausgehenden Störungen des Verkehrs auf der Autobahn A92 oder der Nutzung der südöstlich liegenden Gebäude durch Sonnenlichtreflexionen zu erwarten.

Eventuell auftretende kleinflächige Highlights durch Reflexionen an Biege- oder Schnittkanten z.B. des Rahmens oder der Leiterbahnen werden in größerer Entfernung gemittelt wahrgenommen und sind als unkritisch anzusehen.

Größere gerundete reflektierende Oberflächen in der Konstruktion sollten jedoch nach Möglichkeit vermieden werden.

2 Allgemeines

Licht gehört zu den Emissionen bzw. Immissionen im Sinne des Bundesimmissionsschutzgesetzes. Sofern Immissionen „nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“, so gelten sie im Sinne dieses Gesetzes als schädliche Umwelteinwirkungen. Die betrifft neben anderen Immissionsarten auch die Lichtimmissionen.

Laut Bundesimmissionsschutzgesetz sind sowohl bei genehmigungsbedürftigen als auch bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen mit Ausnahme der Anlagen des öffentlichen Straßenverkehrs geeignete Maßnahmen nach Stand der Technik zu treffen, um Lichtimmissionen zu vermeiden bzw. auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Dies betrifft insbesondere Sportstättenbeleuchtungen, Beleuchtungen in Bau, Industrie und Gewerbe, Anstrahlungen sowie Reklamebeleuchtungen.

Technische oder bauliche Anlagen, die das Sonnenlicht reflektieren, sind nach Baurecht zu behandeln und so auszuführen, dass durch die Sonnenlichtreflexionen keine Störungen bei Anwohnern, auf Verkehrsstraßen oder in sicherheitsrelevanten Einrichtungen erzeugt werden.

2.1 Aufgabenstellung, Zweck des Gutachtens

Im Auftrag der Sun Garant MUC GmbH in Ismaning war die geplante Photovoltaik-Freiflächenanlage Berglern Heinrichsruh nördlich der Autobahn A92 auf folgende Punkte hin zu prüfen und zu optimieren:

- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch direkte Sonnenreflexion an den relevanten möglichen Immissionsorten bei statischer Ausführung der Anlage
- Prüfung der geplanten Anlagen-Ausführung auf mögliche Störwirkungen durch Streuwirkung der Sonnenreflexion auf der Glasoberfläche oder des Rahmens der Module an den relevanten möglichen Immissionsorten

Die Bewertung weiterer Auswirkungen neben den genannten war nicht Bestandteil dieser Untersuchung.

Das Gutachten wurde zur Klärung der zu erwartenden Störungen durch eine dauerhaft installierte Photovoltaikanlage im Rahmen der Erteilung der Baugenehmigung in Auftrag gegeben. Andere Nutzungen dieses Gutachtens sind nicht zugelassen.

2.2 Tatsachenfeststellung, Beschreibung der Situation

Bei der zu betrachtenden geplanten Anlage handelt es sich um eine Photovoltaik-Freiflächenanlage, die auf einer momentan noch landwirtschaftlich genutzten Fläche nördlich der Autobahn A92 und westlich des Sempt-Flutkanals in dem gekennzeichneten Bereich montiert werden soll.

Die Ausrichtung der Modulreihen wurde im Vorfeld über ein iteratives Rechenverfahren optimiert. Die Module sollen in der eingezeichneten Anordnung mit einer Ausrichtung auf 167° Südsüdost und einer Aufneigung auf 20° montiert werden.



Die maximale Höhe der Module mit den vorgesehenen Unterkonstruktionen soll ca. 2 m betragen.

Das Gelände der geplanten Anlage ist in sich relativ eben und weist keine relevanten Höhendifferenzen auf.

Die Fahrbahn der südlich von Südwest nach Nordost vorbeiführenden Bundesautobahn A92 liegt einige Meter höher als das Gelände. Östlich der geplanten Photovoltaikanlage befindet sich ein Brückenbauwerk, über das die Autobahn über den Sempt-Flutkanal führt. In diesem Bereich ist die Fahrbahn ca. 7-8 m höher als das Gelände, weiter westlich liegt sie ca. 4 m über dem Gelände.

Der Fahrbahnrand der Autobahn ist mit einer relativ dichten Eingrünung versehen, die auch in unbelaubtem Zustand im Winter durch die flachen Einblickwinkel einen relativ guten Sichtschutz bietet.



Von der Autobahnbrücke aus ist wegen der hier fehlenden Bepflanzung ein Blick über einen großen Teil der geplanten Photovoltaikanlage möglich.



Südwestlich der geplanten Photovoltaikanlage befindet sich in ca. 300 m bzw. ca. 500 m Wohn- und Nutzgebäude, die im Weiteren zu prüfen sind.



In diesem Bereich ist das Gelände ebenfalls von einer sehr dichten Hecke begrenzt, die einen guten Sichtschutz in Richtung der Gebäude darstellt.



Die für die Berechnung der Blendung relevanten Beobachter-Elevationswinkel zur Photovoltaikanlage wurden bei einem Ortstermin per Peilmessung aufgenommen und gehen in die Berechnung ein.

Östlich der geplanten Anlage verläuft in Nord-Süd-Richtung der Sempt-Flutkanal, der hier durch einen einige Meter hohen Damm begrenzt wird.

Es sollen Photovoltaikmodule des Typs Astroenergy CHSM 6610P 240/240 Verwendung finden.

Es soll hier eine statische Anlage betrachtet werden.

2.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen

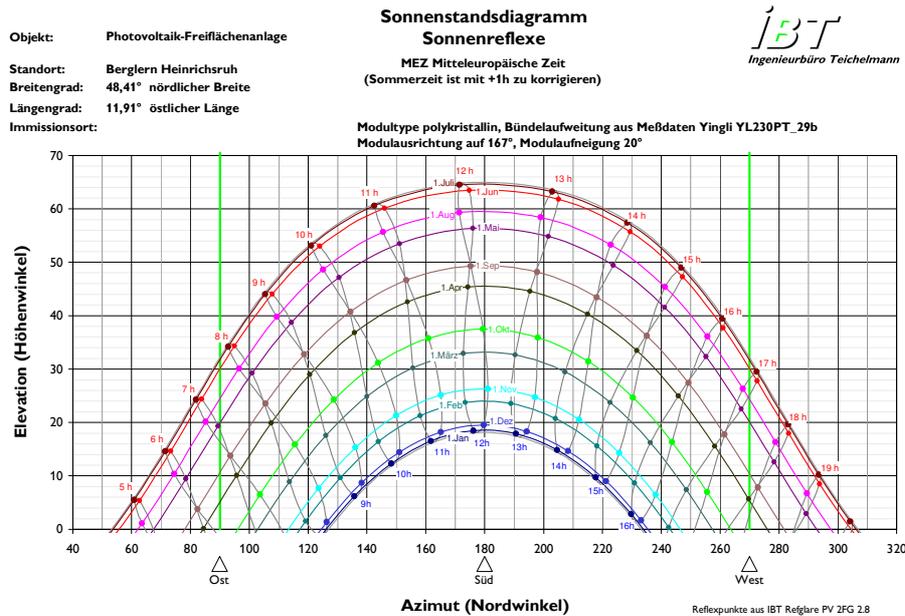
Die Begutachtung wurde anhand folgender vorliegender Unterlagen durchgeführt:

- Modulbelegungsplan „Aufstellplan_Sun Garant_Berglern_2012-02-21.dwg“ Stand 20.2.12
- Datenblatt des vorgesehenen PV-Moduls
- Luftbild des Geländes, Auszug aus der Feldstückskarte Bayern, vom AG zur Verfügung gestellt
- Fotos von der Ortsbegehung am 7.2.12

2.4 Verwendete Hilfsmittel

Für die Begutachtung wurden folgende Hilfsmittel verwendet:

- Sonnenstandsdiagramm MEZ für die Ortskoordinaten des Geländes



- Excel
- Reflexionsmatrixsoftware Refglare PV 2FG 2.8
- Sonnenbahnsoftware Sunway PV 1.9 MEZ
- Expositionsermittlungssoftware Sunway Exposure 1.1 MESZ
- Eckdaten aus Messungen der Reflexionsindikator und des Reflexionsgrades zur Ermittlung der Bündelaufweitung/Streuung an der Moduloberfläche an Testmodulen der Type Yingli YL230PT_29b

2.5 Verwendetes Schrifttum und Quellen

Auf folgende Quellen wurde bei der Bewertung Bezug genommen:

- Messwerte des Reflexionsverhaltens von Probemodulen aus anderen, ähnlichen Untersuchungen

3 Vorgehensweise Berechnung und Bewertung der Sonnenreflexion an den Photovoltaikmodulen

3.1 Grundlegende Methodik

Das Gutachten bezieht sich auf eine Worst-Case-Betrachtung der relevanten Eckpunkte der noch nicht realisierten Photovoltaikanlage. Die Bewertung beruht ausschließlich auf der im Plan vorgesehenen Ausführung hinsichtlich Montage und Ausrichtung der Module. Es wurde jeweils das direkt in Hauptreflexionsrichtung reflektierte Sonnenlicht und die dadurch verursachte Abbildung der Sonnenscheibe sowie das anhand von verschiedenen Messwerten aus früheren Untersuchungen abgeschätzte Streulicht betrachtet.

Die Begutachtung der Lichtimmission beruht ausschließlich auf rechnerischen Ergebnissen auf Basis der vorliegenden Daten. Veränderungen in der Ausführung oder Anordnung der Anlage müssen ggf. nochmals geprüft werden.

Die Sonnenscheibe im Zenit hat bei klarer Sicht eine Leuchtdichte von ca. 1,6 Mrd cd/m², am Horizont noch ca. 6 Mio cd/m².

Die Absolutblendung des menschlichen Auges, die eine nachwirkende Störung der Sehfähigkeit (z.B. helle Punkte im Sichtfeld, nachdem man in die Sonne geschaut hat) bewirkt, beginnt bei ca. 100.000 cd/m².

Je nach Adaptationszustand des Auges können bereits bei punktuellen Leuchtdichteerhöhungen um das ca. 3...5-fache der Umgebungshelligkeit Blendwirkungen erzeugt werden. Wenn durch diese die Sehfähigkeit kurzzeitig gestört wird nennt man dies physiologische Blendung. Bei Blendungen, die die Sehfähigkeit zwar nicht beeinträchtigen, aber störend wirken, spricht man von psychologischer Blendung.

Je nach Reflexionsverhalten der Umgebung kann die Adaptationsleuchtdichte des Auges an einem hellen Sommertag außen ca. 5.000...8.000 cd/m² betragen. Bei Aufenthalt in einem Raum ist diese wesentlich niedriger, so dass eine Blendquelle hier deutlich stärker blendet als im Außenbereich.

Auch bei Oberflächen, die nur einen geringen Anteil dieser hohen Leuchtdichte in eine bestimmte Richtung reflektieren, können durch die Reflexion in diese Richtung noch sehr hohe Leuchtdichten entstehen, die eine physiologische Blendung, u.U. auch eine Absolutblendung bewirken.

Die Bewertung des direkt reflektierten Sonnenlichtes erfolgt über entsprechende Winkelberechnungen im dreidimensionalen Raum zwischen der geplanten Anordnung und Ausrichtung der vorgesehenen Photovoltaikmodule, deren winkelabhängig differenzierten Reflexionseigenschaften, den von der Jahres- und Tageszeit abhängigen möglichen Sonnenständen sowie der geografischen Lage der festgelegten zu betrachtenden möglichen Immissionsorte.

In der Reflexionsmatrixsoftware wird für jeden an diesem Standort möglichen Sonnenstand die mögliche Blendwirkung für den betreffenden Beobachter ermittelt und im Sonnenbahn-diagramm dargestellt. Diese Darstellungsform hat sich als sehr praktikabel erwiesen, weil hier sowohl die Winkelverhältnisse der Sonne mit den entsprechenden Azimut- und Elevationswinkeln als auch die relevanten Tages- und Jahreszeiten des Auftretens der Reflexionen darstellbar sind.

Für die korrekte Berechnung des bei der Reflexion von der Oberfläche der Module gestreuten Lichtes werden Angaben zum Reflexionsverhalten des Materials - insbesondere der Reflexionsgrad und die Reflexionsindikatix - benötigt.

Diese lagen im konkreten Fall nicht vor. Die Bewertung des Streulichtanteils erfolgte somit anhand von Reflexionswerten anderer Module aus vorangegangenen Untersuchungen.

3.2 Ortstermin, beteiligte Personen

Ein Ortstermin wurde am 7.2.2012 zwischen 10:20 Uhr und 11:50 Uhr durch H. Teichelmann, IBT Ingenieurbüro Teichelmann, durchgeführt.

4 Schutzgut Mensch: Ergebnisse und Auswertung der an den Immissionsorten erreichten Reflexionswerte

4.1 Ermittlung der Eckpunkte des Reflexionsverhaltens der Photovoltaikmodule

Als Basis für die Bewertung wurden Eckdaten des Reflexionsverhaltens verschiedener vergleichbarer Testmodule herangezogen.

Die vermessenen Photovoltaikmodule mit einer simulierten Verschmutzung unterscheiden sich in ihrem Reflexionsverhalten deutlich.

Die Moduloberflächen weisen bei steilen Einstrahlwinkeln ein stark gerichtetes Reflexionsverhalten mit einer mittleren Bündelaufweitung von ca. $4^\circ \dots 6^\circ$ Halbwinkel auf. Der partielle Reflexionsgrad in Hauptreflexionsrichtung beträgt bei den vermessenen Modulen zwischen ca. 0,3...0,5% bei steilem Einstrahlwinkel.

Außerhalb der genannten Bündelaufweitung sinkt der partielle Reflexionsgrad stark ab, so dass im übrigen Halbraum keine störenden Reflexleuchtdichten erzeugt werden. Ein kleiner Teil des auftreffenden Lichtes wird mit einer Lambertcharakteristik streuend reflektiert.

Bei flacheren Einstrahlwinkeln ab ca. $<40^\circ$ zur Modulebene verändert sich das Reflexionsverhalten der Oberflächen. Insbesondere in diesem Einstrahlbereich unterscheiden sich die vermessenen Module in ihren Reflexionsdaten.

Der Reflexionsgrad der Oberflächen steigt bei beiden Modultypen stark an. Die Streuung nimmt – hauptsächlich durch die Verschmutzung und die Struktur der Oberflächen – ebenfalls stark zu. Dies hat zur Folge, dass die Abbildung der Sonnenscheibe unschärfer wird und aus einem größeren Winkelkorridor wahrgenommen werden kann. Durch die stärkere Streuung bei diesen flachen Einstrahlwinkeln ist die Leuchtdichte der Abbildung gleichzeitig stark reduziert.

In der Regel steigt die Bündelaufweitung, in der noch nennenswerte Reflexleuchtdichten erreicht werden, ab einem Einstrahlwinkel von ca. 40° zur Modulebene deutlich an und hat im Bereich zwischen ca. 10° und 25° ein unterschiedlich stark ausgeprägtes Minimum, teilweise einhergehend mit einer Reduzierung des partiellen Reflexionsgrades in diese Reflexionsrichtungen.



Bündelaufweitung beim Sonnentest eines polykristallinen Moduls,
Einstrahlwinkel ca. 20°, Reflexleuchtdichte ca. 8 Mio cd/m²

Außerhalb der genannten Reflexionsbündel konnten in den Messungen keine nennenswerten Leuchtdichteerhöhungen mehr festgestellt werden.

Die ermittelten partiellen Reflexionsgrade sowie die Bündelaufweitungen stellen die Basis für die weiteren Untersuchungen der erreichten Blendwerte dar.

Vor allem bei größeren Entfernungen zwischen Immissionsort und Blendquelle ist die Bündelaufweitung eine wichtige Größe der Beurteilung.

Diese lagen im konkreten Fall für die verwendete Modultype von Seiten des Herstellers nicht vor.

Für die Untersuchung wurden Reflexionsdaten der Modultype Yingli YL230PT_29b verwendet, die in einer partiellen Vermessung der Reflexionsdaten im Rahmen einer vorangegangenen ähnlichen Untersuchung ermittelt wurden. Da es sich hierbei lediglich um eine andere Leistungsklasse der gleichen Baureihe handelt ist davon auszugehen, dass die Reflexionsdaten vergleichbar und die Ergebnisse somit übertragbar sind.

Die in der damaligen Untersuchung nicht aufgenommenen Winkel konnten interpoliert werden.

Bei der hier betrachteten konkreten Situation ergaben sich durch sehr flache Einstrahlwinkel jedoch Blickwinkel, in die das reflektierte Sonnenlicht stark gestreut wird, so dass sich durch Differenzen im Reflexionsverhalten in erster Linie die Einwirkzeit und die Helligkeit der Blenderscheinung ändert, die geometrische Situation aber nur geringfügig beeinflusst wird.

Die Messungen beziehen sich jeweils auf Oberflächen mit einer leichten Staubauflagerung, die bei der Messung simuliert wurde. Entsprechende stärkere Verschmutzungen, die in der Realität durchaus vorkommen, wirken sich mindernd auf die Leuchtdichte der Reflexion des Sonnenlichtes und stärker streuend aus.

Die Rahmen bestanden bei den Testmodulen meist aus gebürstetem Aluminium, das in den Messungen eine in Hauptreflexionsrichtung leicht gerichtete und ansonsten sehr gleichmäßige, fast lambertartige Reflexionsindikatrix mit einem geringen Reflexionsgrad von ca. 2...5% aufwies.

4.2 Ermittlung der möglicherweise relevanten Immissionsorte

Auftragsgemäß waren die möglicherweise relevanten Immissionsorte auf der Autobahn A92 und der südwestlich gelegenen Gebäude zu untersuchen.

Möglicherweise relevante Immissionsorte können auf Grund der geometrischen Situation und der vorliegenden Sichtachsen an den markierten Punkten liegen:



Auf der Autobahn in beiden Fahrtrichtungen können auf und zwischen den gekennzeichneten Punkten relevante Sichtverbindungen vorliegen, die zu untersuchen sind. Die Sichtverbindungen zur Anlage sind zu einem großen Teil durch den Bewuchs am Fahrbahnrand der Autobahn unterbrochen. Im Bereich der Überfahrt über die Brücke bei Fahrtrichtung Südwest ist der Blick über einen weiten Teil Anlage gegeben, der hinsichtlich einer möglichen Blendwirkung relevant sein kann.

In Richtung der südwestlich liegenden Gebäude sind die Sichtverbindungen einerseits durch die Vegetation an der Geländekante und teilweise auch durch weitere vorhandene Bäume

weitestgehend unterbrochen, andererseits werden die für eine Blendwirkung möglicherweise relevanten Fenster scheinbar nicht für Wohn- oder Aufenthaltszwecke genutzt.



Hier ist zu prüfen, inwieweit dieser Immissionsort bzgl. einer möglichen Blendwirkung relevant ist.

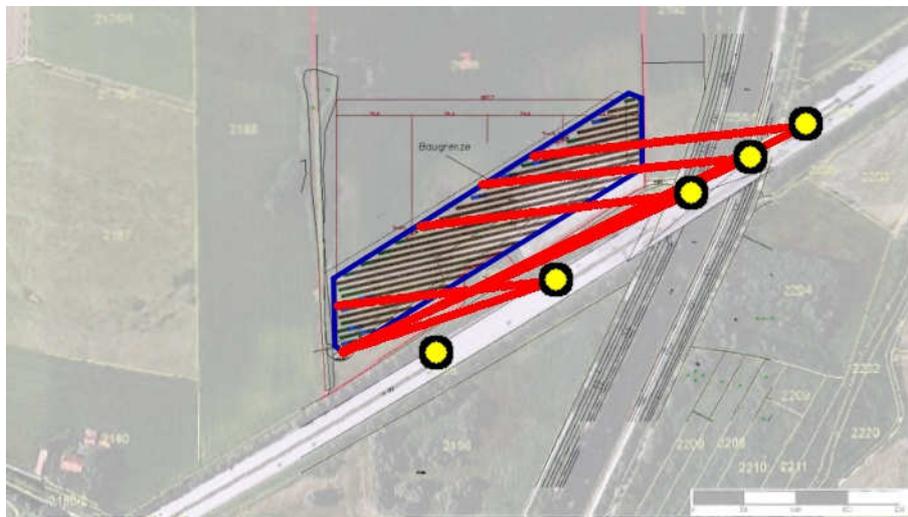
Für ein ca. 250 m weiter westlich an der Gadener Straße liegendes Anwesen wird eine Testberechnung durchgeführt.

Weitere mögliche und relevante Immissionsorte wurden auf in diesen Bereichen nicht festgestellt.

4.3 Ermittlung der Störungen durch Direktreflexion und durch Streulicht durch Bündelaufweitung

Autobahn Fahrtrichtung Südwest

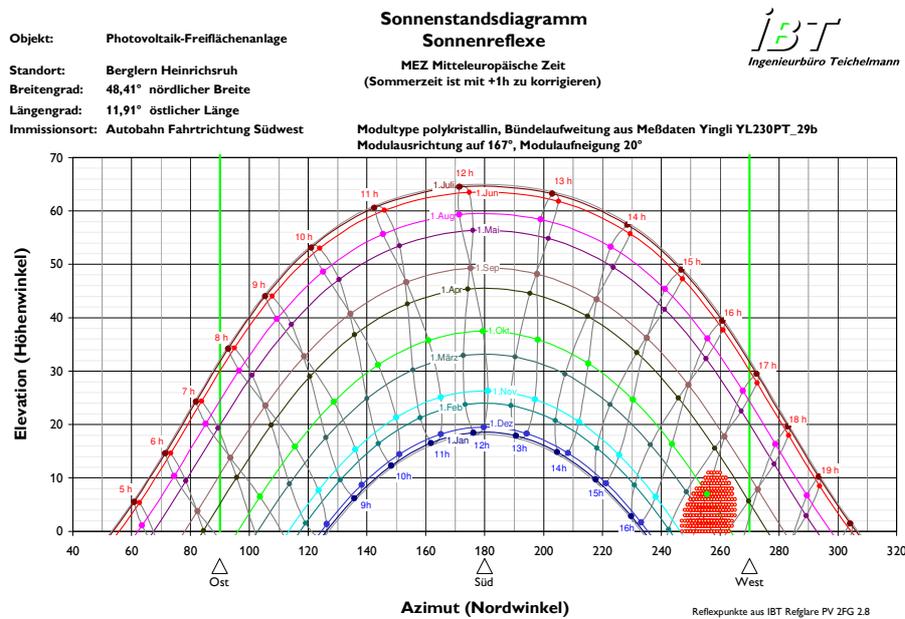
Für die Immissionsorte auf der Autobahn in Fahrtrichtung Südwest können in dem für die KFZ-Fahrer relevanten Blickwinkelbereich bis maximal 25° Abweichung von der Hauptblickrichtung grundsätzlich Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 63° Ostnordost und ca. 84° Ost bezogen auf die Reflexionsflächen vorliegen.



Die möglichen Beobachter-Elevationswinkel können nach den beim Ortstermin festgestellten Messergebnissen zwischen ca. $+1,7^\circ$... $+3,8^\circ$ liegen.

Für diese gekennzeichneten Blickwinkel wurden bei der vorgesehenen Ausrichtung der Module auf 167° Südsüdost bei 20° Aufneigung keine als zusätzliche Blendung durch die Sonnenlichtreflexionen zu wertenden Reflexionen ermittelt.

Für die Blickwinkel nach ca. 255° Westsüdwest bis ca. 263° West können bei sehr tiefen Sonnenständen von den Moduloberflächen Reflexionen im relevanten Sichtfeld der KFZ-Fahrer auftreten.



Die Sonnenstände des Auftretens dieser Reflexionen werden im Sonnenbahndiagramm für diesen Standort dargestellt, so dass eine zeitliche Zuordnung möglich ist.

Die Stundenlinien im Sonnenbahndiagramm entsprechen der MEZ (mitteleuropäische Zeit = Winterzeit). Die in diesem Zeitraum gültige Sommerzeit (MESZ) muß mit +1h korrigiert werden.

In den gekennzeichneten Zeiträumen der Monate Februar/März und September/Oktober können in den Abendstunden bei entsprechenden Sonnenständen also Reflexionen mit Leuchtdichten bis zu ca. 1 ... 14 Mio cd/m² in Richtung dieses Bereiches der Autobahn A92 entstehen, die unter sehr kleinen Blickwinkeldifferenzen bis maximal 10° zur Sonnenscheibe gesehen werden.

In dieser Situation werden Reflex und Sonne gleichzeitig auf der Netzhaut eines Beobachters abgebildet. Dabei wird der Reflex von der um den Faktor ca. 45 ... 50 wesentlich höheren Leuchtdichte der Sonne überlagert, so dass die Reflexion in der Regel nicht mehr als zusätzliche Blendung wahrgenommen wird.

Die Reflexleuchtdichte ist in dieser Situation durch die nachlassende Leuchtdichte der Sonnenscheibe ebenfalls stark gemindert.

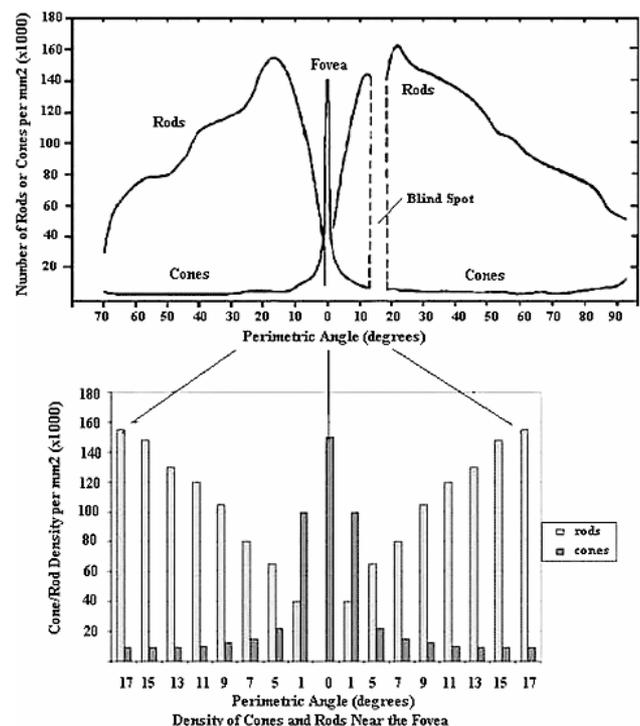
Hier wurde das relevante Sichtfeld der KFZ-Fahrer bis zu einer Abweichung von 25° von der Hauptblickrichtung bewertet.

Weiter von der Hauptblickrichtung abweichende Blickwinkel sind hinsichtlich der Blendwirkung weitgehend unkritisch.

Der Reflex wird bei stark abweichenden Blickwinkeln in der Regel nur am Rand des Sichtfeldes peripher wahrgenommen und behindert die für eine sichere Fahrt auf dieser Fahrspur erforderliche Blickrichtung nicht.

Bei der für einen Fahrer in dieser Situation typischen Blickrichtung wird der Reflex in einem Bereich zwischen 10° ... 20° abweichend von der Fovea Centralis, dem Ort der scharfen Abbildung sowie der höchsten Konzentration an Zapfen im Auge, abgebildet.

Hier ist die Konzentration der für eine Blendwirkung verantwortlichen Zapfen („Cones“ – die für das Tagsehen verantwortlichen Rezeptoren im Auge) sehr gering, so dass eine Blendung in diesem peripheren Sehbereich stark vermindert wahrgenommen wird. Man geht hier auf Grund der Konzentration der Rezeptoren von einer um ca. 90% ... 95% reduzierten Blendwirkung aus.



Distribution of Rods and Cones on the Human Retina

(From Osterberg, G. "Topography of the Layer of Rods and Cones in the Human Retina", Acta Ophthalmologica, Supplement, Vol. 6, 1-103, 1935)

Figure 2

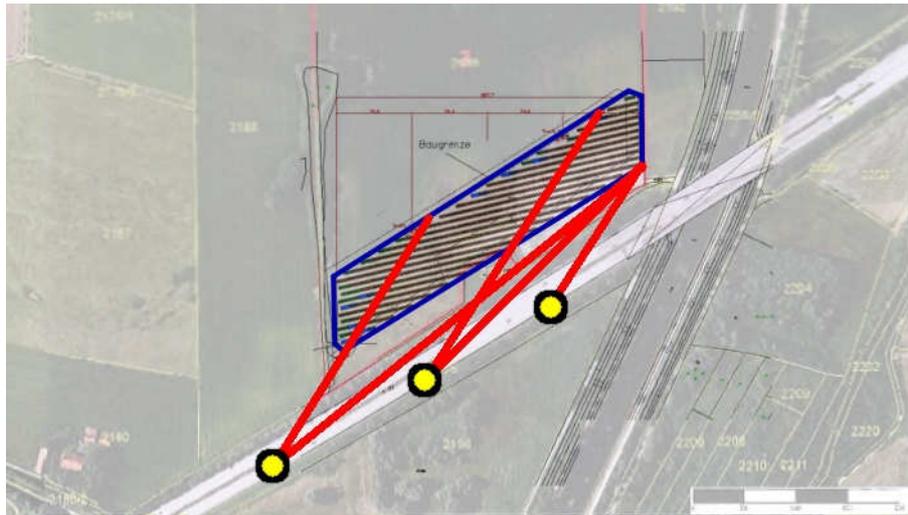
Insofern ist bei der vorliegenden Situation nicht von einer störenden Direktblendung durch die Sonnenlichtreflexionen an den Moduloberflächen auszugehen.

Eine mögliche Flimmerblendung ist in dieser geometrischen Situation wegen der Überlagerung durch die Direktblendung der Sonne und der durch die Bepflanzung am Straßenrand unterbrochenen Sichtachsen ebenfalls nicht gegeben.

In der gegebenen Situation sind keine Beeinträchtigungen der betrachteten Immissionsorte auf der Autobahn in Fahrtrichtung Südwest durch direkte Blendwirkung oder durch Flimmerblendung zu erwarten.

Autobahn Fahrtrichtung Nordost

Für die Beobachter auf der Autobahn in Fahrtrichtung Nordost können bezogen auf die Oberflächen der Photovoltaikmodule Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 212° Südsüdwest und 231° Südwest bei Beobachter-Elevationswinkeln zwischen $+1,9^\circ$... $+3,5^\circ$ vorliegen.



Es wurden keine Sonnenstände ermittelt, die bei der gegebenen Ausrichtung und Neigung der Module Reflexionen in Richtung der gekennzeichneten Beobachter auf der Autobahn erzeugen können.

Diese Blickwinkel sind hinsichtlich einer möglichen Direktblendung oder einer Flimmerblendung als unkritisch anzusehen.

Gebäude südwestlich des Geländes

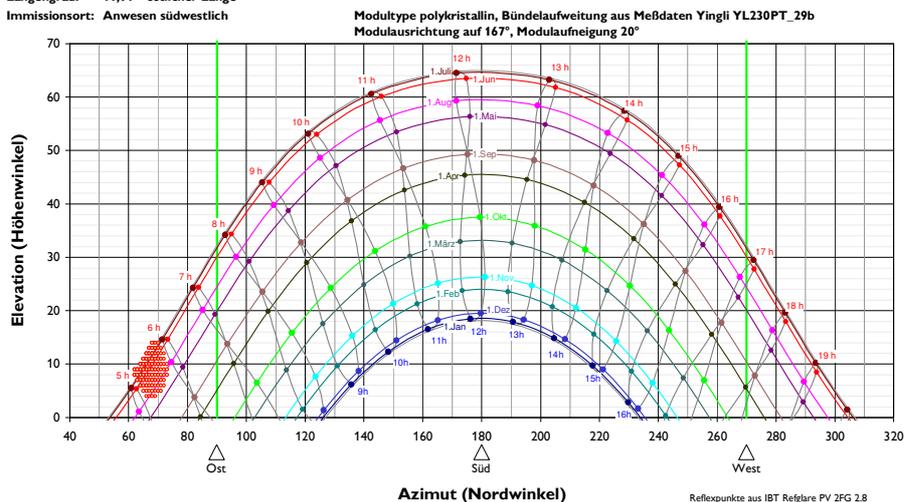
Für den gekennzeichneten Beobachter auf dem südwestlich der geplanten Anlage liegenden Anwesen können Beobachter-Azimutwinkel zwischen ca. 238° Westsüdwest und 252° Westsüdwest bei einem Beobachter-Elevationswinkel von ca. +1,1° bezogen auf die Oberflächen der Photovoltaikmodule auftreten.



Objekt: Photovoltaik-Freiflächenanlage
Standort: Berglern Heinrichsrh
Breitengrad: 48,41° nördlicher Breite
Längengrad: 11,91° östlicher Länge
Immissionsort: Anwesen südwestlich

**Sonnenstandsdiagramm
Sonnenreflexe**
MEZ Mittteleuropäische Zeit
(Sommerzeit ist mit +1h zu korrigieren)

IBT
Ingenieurbüro Teichelmann



In dieser Situation können unter der Annahme freier Sichtachsen in den frühen Morgenstunden der Sommermonate bei sehr tief stehender Sonne Reflexionen in Richtung dieses Beobachters ausgehen, die in ihrem zeitlichen Ausmaß bereits ohne Berücksichtigung der Unterbrechung der Sichtverbindung durch den Bewuchs an der Geländekante im Rahmen der

Nachweisgrenze der für Wohnbebauung anzusetzenden Richtwerte liegen. Nach diesen Richtwerten wird für Wohnbebauung die astronomische Möglichkeit einer Blendung durch Sonnenlichtreflexionen für maximal 30 min/Tag und maximal 30h/Jahr als zumutbar angesehen. Diese Blendreflexionen entstehen unter Blickwinkeldifferenzen $< 12^\circ$, so daß auch hier eine Überlagerung der Reflexleuchtdichte durch die Direktblendung der Sonne erfolgt.

In Anbetracht dessen, daß diese Blendreflexe durch die tiefstehende Sonne überlagert und die eigentliche Blendwirkung der Reflexion fast nicht mehr wahrnehmbar ist, die Zeit des Auftretens dieser Blendung durch den vorhandenen Bewuchs zusätzlich verkürzt wird, die Blendzeiten im Bereich der Grenzwerte liegen, der Blick aus den betroffenen Fenstern zur Photovoltaikanlage stark von der typischen Blickrichtung abweicht und der Reflex ausschließlich in den frühen Morgenstunden entsteht, wird diese Blendwirkung als akzeptabel angesehen.

Für das ca. 250 m weiter westlich in der Gadener Straße liegende, auf dem Luftbild nicht mehr dargestellte Anwesen wurde eine Testberechnung durchgeführt.

Diese hat ergeben, daß in Richtung dieses Anwesens bei dieser Geometrie der PV-Anlage nur bei sehr tiefen Sonnenständen unter Blickwinkeldifferenzen $< \text{ca. } 6^\circ$ Reflexionen von den Moduloberflächen ausgehen können, die durch die Direktblendung der direkt dahinter im Blickfeld stehenden Sonne überlagert werden.

Auch dieser Immissionsort ist bzgl. Einer möglichen von den Moduloberflächen ausgehenden Blendwirkung durch Sonnenlichtreflexionen als unkritisch anzusehen.

Insofern sind an allen untersuchten Immissionsorten keine kritischen Blendwirkungen durch Sonnenreflexionen an den Oberflächen der Photovoltaikmodule der untersuchten Anlage zu erwarten.

Dies trifft auch für die weiter südwestlich und nordöstlich liegenden Bereiche der Autobahn zu, an denen keine Sichtverbindungen zu den Moduloberflächen vorliegen.

5 Schutzgut Fauna: Auswirkungen der Lichtimmissionen durch Sonnenreflexion auf Tiere

Von künstlichem Licht verursachte nächtliche Lichtimmissionen wie Blendung, Raumaufhellung und Lichtverschmutzung (Lichtglocke) sind insbesondere auch nachtaktive Insekten, Vögel oder Fledermäuse eine zu vermeidende Beeinträchtigung, die durchaus drastische Auswirkungen haben können.

Es sind keine konkreten Erkenntnisse dahingehend bekannt, dass es durch Sonnenreflexionen von Photovoltaikanlagen bei Tag zu nennenswerten Belastungen für die lokale wilde Tierwelt kommt.

Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass Tiere, die in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt sind und den Blendwirkungen nicht ausweichen können (z.B. Pferdekoppel, betroffene Stallgebäude usw.), teilweise sehr sensibel auf solche Blendwirkungen reagieren. Betroffene Landwirte berichten z.B. von Auswirkungen wie einer höheren Nervosität der Tiere, Schwierigkeiten beim Melken, reduzierten Reproduktions- und Wachstumsraten usw.

Diesbezüglich möglicherweise relevante Punkte liegen in der hier untersuchten Situation nicht vor.

6 Zusammenfassung und Erörterung der Ergebnisse

Durch die Realisierung der geplanten Photovoltaik-Freiflächenanlage Wiegand in Berglern Heinrichsruh nördlich der Bundesautobahn A92 sind bei Ausführung der Anlage gemäß des vorliegenden Konzeptes keine Störungen durch Blendreflexionen an den untersuchten Immissionsorten auf der Autobahn und auf den südwestlich liegenden Anwesen zu erwarten.

Es wurden keine Sonnenstände ermittelt, die an diesem geografischen Standort und bei der untersuchten Anlage Blendreflexionen in die relevanten Richtungen erzeugen können.

Bei der gegebenen Geometrie können auch Flimmerreflexe nur in Blickrichtungen auftreten, in denen die Reflexleuchtedichten durch die unvermeidbare Direktblendung der tief im Sichtfeld stehenden Sonnenscheibe überlagert werden.

Es ist davon auszugehen, dass auch keine störenden Flimmerblendungen auftreten werden.

Bei Realisierung der Photovoltaikanlage Wiegand bei Berglern Heinrichsruh nach den vorliegenden Plänen sind keine störenden Blendwirkungen durch Sonnenlichtreflexionen an den Oberflächen der Photovoltaikmodule der betrachteten Anlage in den für den Verkehr auf der Autobahn A92 und die Nutzung der südöstlich gelegenen Anwesen relevanten Blickrichtungen zu erwarten.



09.02.2012

Jens Teichelmann

Dipl.-Ing. Lichttechnik



Urheberschutz:

Alle Rechte vorbehalten. Das Gutachten ist nur für den Auftraggeber und die direkt am Projekt beteiligten Personen und Behörden und nur für den angegebenen Zweck bestimmt. Eine Vervielfältigung, Veröffentlichung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit schriftlicher Genehmigung gestattet.